



18 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 195 03 610 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
H02 K 29/06

21 Aktenzeichen: 195 03 610.7  
22 Anmeldetag: 3. 2. 95  
43 Offenlegungstag: 14. 8. 95

DE 195 03 610 A 1

- 71 Anmelder:  
Zajc, Franc, Ljubljana, SI; Zajc, Ivica, Ljubljana, SI
- 74 Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München
- 72 Erfinder:  
Franc, Zajc, Ljubljana, SI

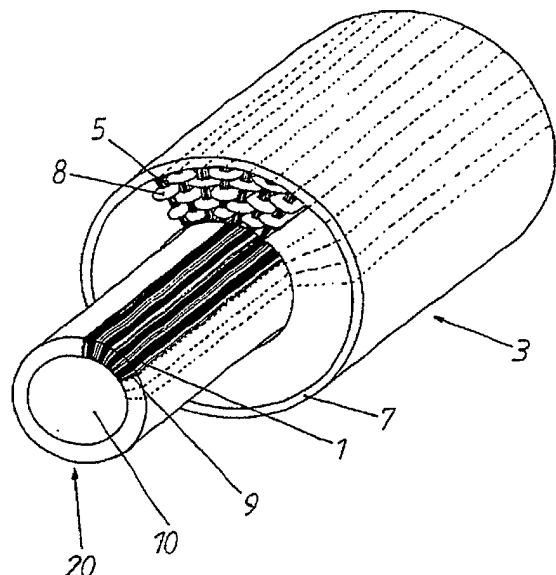
- 56 Entgegenhaltungen:
- |       |              |
|-------|--------------|
| DE-PS | 8 52 263     |
| DE    | 22 45 557 B2 |
| DE    | 41 11 626 A1 |
| DE    | 33 20 805 A1 |
| GB    | 21 49 976 A  |
| US    | 47 58 751    |

US 38 42 300  
EP 06 27 805 A2  
JP 1-321850 (A) in: Patents Abstracts of Japan, Sect.E, Vol.14, 1990, No.133 (E-902);  
MUCH, Walter: Wicklung und Montage rotieren- der elektrischer Maschinen, VEB Verlag Tech- nik Berlin, 1.Aufl., 1978, S.20;  
AEG-TELEFUNKEN-Handbücher, Bd.12, Synchron- maschinen, AEG-TELEFUNKEN, 1970, Berlin 33, ISBN 3-87087-009-5, S.35;  
JP 3-70457 (A) in: Patents Abstracts of Japan, Sect.E, Vol.15, 1991, No.236 (E-1078);

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- 54 Ständer und Läufer für eine mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine und Verfahren zu deren Herstellung

- 57 Mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine mit einem Ständer (3) und einem Läufer (20). Zur Vereinfachung der Herstellung und Erhöhung von Leistung und Drehmoment wird der Wicklungsleiter (8) in mäanderförmiger Weise um die Ständerpole gewickelt, so daß der Polabstand benachbarter Ständerpole der Breite des Wicklungsleiters (8) entspricht und damit stark verringert ist. Durch die daraus resultierende hohe Polzahl läßt sich der Ständer auf einfache Weise durch Aneinanderschichten von Ständerblechstreifen mit dazwischen angeordneten Wicklungsleiterabschnitten (8) herstellen, wobei die Ständerpole erst nach dem Einbringen der Wicklungsleiter (8) mittels eines den Rückschluß bildenden ferromagnetischen Mantels (7) an deren einem Polende magnetisch verbunden werden. Der Läufer (20) kann in ähnlicher Weise durch Aneinanderschichten von Läuferpolen (9) und dazwischen angeordneten, tangential magnetisierten Permanentmagneten (1) hergestellt werden, wodurch auch dessen Gewicht beträchtlich reduzierbar ist. Durch den Aufbau wird eine effektivere Materialnutzung und eine wesentlich geringere Massenträgheit der bewegten Teile erzielt. Das Aufbauprinzip ist für Asynchron-, Synchronmaschinen, Linearmotoren, Schrittmotoren sowie Reluktanzmotoren anwendbar.



DE 195 03 610 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Die Erfindung bezieht sich auf einen Ständer und einen Läufer für eine mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine, wobei die Phasen zonenweise entlang des Ständers verteilt sind, sowie auf ein Verfahren zu deren Herstellung.

Herkömmliche elektrische Maschinen weisen üblicherweise Zweischnitt- oder Zweietagenwicklungen auf. Da sich dabei die Spulen im Wickelkopf kreuzen und aneinander vorbeigeführt werden müssen, sind die Wickelköpfe und dementsprechend auch die Kupferverluste derartiger Maschinen relativ groß.

Aus diesem Grund wurde in der Offenlegungsschrift DE 33 20 805 eine mehrphasige elektrische Synchronmaschine mit hoher Polzahl vorgeschlagen, bei der die Spulen derselben Phase nebeneinander angeordnet sind und zwei benachbarte Spulen in derselben Nut liegen. Die Phasen sind zonenweise am Umfang verteilt, wobei zwischen den Zonen ein Abstand, der der Winkelverschiebung zwischen den Zonen entspricht, eingefügt wurde.

Fig. 12 zeigt ein Beispiel für die konstruktive Ausgestaltung einer derartigen Maschine. Dargestellt ist ein Ausschnitt aus einer Außenpolmaschine, die vorzugsweise als Außenläufermaschine eingesetzt wird. Die Erregung wird durch radial magnetisierte Permanentmagnete 1 erzeugt, die auf ein Joch 2 des Läufers aufgesetzt sind. In Nuten des Ständerblechpaketes 3 des Ständers sind Spulen 4a, 4b und 4c der Ständerwicklung untergebracht. Die Zähne 5 des Blechpaketes 3 sind mit Polschuhen 6 versehen, welche die Nuten teilweise schließen.

In Fig. 13 ist ein Ausschnitt aus der Wicklungsanordnung des Ständers dargestellt, der sechs nebeneinanderliegende Spulen S1 bis S6 mit wechselnder Stromflussrichtung R, —R einer ersten Zone Z1 (Phase R) und zwei nebeneinanderliegende Spulen S7 und S8 mit wechselnder Stromflussrichtung T, —T einer zweiten Zone Z2 (Phase T) umfaßt, wobei ein räumlicher Abstand a am Übergang von der Wicklungszone Z1 zur Wicklungszone Z2 vorgesehen ist. Die Seiten zweier benachbarter Spulen 1 sind in derselben Nut angeordnet, wobei jeweils die Hälfte der Polnut durch die dem Pol am nächsten liegende Spule ausgefüllt wird.

Pro Wicklungsstrang R, S, T sind am Umfang des Ständers eine oder mehrere Wicklungszonen gleicher Breite angeordnet. Der Abstand a zwischen zwei benachbarten Zonen wird bei vorzugsweise verwendeten sechs Zonen gleich einem Drittel der Polteilung gewählt. Durch die Summe der räumlichen Abstände a bleibt demgemäß ein Teil des Umfangs unbewickelt, der der doppelten Polteilung entspricht. Somit ist die Polzahlendifferenz zwischen Läufer und Ständer gleich zwei.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der in der DE 33 20 805 vorgeschlagenen Synchronmaschine kann der Abstand a jedoch auch gleichmäßig über jede Zone verteilt werden. Dabei ist die Polteilung der Ständerwicklung größer als die Polteilung der Erregung, wodurch sich zwischen benachbarten Spulen eine kleine Phasenverschiebung ergibt, die sich innerhalb einer Zone zum Phasenwinkel zwischen benachbarten Wicklungssträngen addiert. Wegen der Phasenverschiebung müssen die Spulen einer Zone dabei allerdings in Reihe geschaltet werden.

Beim vorstehend beschriebenen Stand der Technik wird der gesamte Läufer- bzw. Ständerquerschnitt aus einem Blech gestanzt.

Dies hat bei der Herstellung einen hohen Materialverlust zur Folge und erfordert aufwendige Stanzformen.

Da der gesamte Läufer- und Ständerquerschnitt aus dem zur Magnetfeldkonzentration erforderlichen ferromagnetischen Material wie beispielsweise Dynamoblech geformt ist, weisen derartig hergestellte Maschinen zudem ein relativ hohes Gewicht und damit ein hohes Trägheitsmoment auf.

Ferner ermöglicht die in Fig. 12 gezeigte Ausgestaltung der Ständerpole und zugehörigen Wicklungsspulen nur eine relativ geringe Polzahl und erfordert aufgrund des relativ großen Polquerschnitts ein entsprechend großes Rückflußvolumen im Joch des Ständers und des Läufers und damit ein relativ hohes Gewicht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Ständer und einen Läufer für eine mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine sowie ein Verfahren zu deren Herstellung bereitzustellen, durch die eine einfache Herstellung unter geringem Materialverlust sowie eine hohe Leistung der elektrischen Maschine bei geringer Massenträgheit ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Ständer bzw. einen Läufer für eine elektrische Maschine der eingangs genannten Art mittels den kennzeichnenden Merkmalen der Patentansprüche 1, 12 bzw. 15.

Des weiteren wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Ständers bzw. eines Läufers für eine mehrphasige und vielpolige elektrische Maschine anhand der im Kennzeichnungsteil der Patentansprüche 19 bzw. 20 angegebenen Schritte.

Gemäß der erfindungsgemäßen Ständerwicklungsanordnung entspricht die Nutbreite zwischen benachbarten Ständerpolen der Breite eines Wicklungsleiters. Dies ermöglicht eine wesentliche Verringerung der Nutbreite und Erhöhung der Polzahl.

Dies wiederum hat zur Folge, daß der magnetische Rückschluß der Ständer- bzw. Läuferpole über ein wesentlich geringeres Volumen erfolgen kann, so daß das Verbindungsloch der Ständer- bzw. Läuferpole durch einen relativ dünnen und damit flexiblen ferromagnetischen Mantel realisierbar ist, so daß das Volumen des aktiven magnetischen Materials drastisch reduziert wird.

Die mantelförmige Ausgestaltung des Verbindungslochs der Ständerpole ermöglicht ein völlig neuartiges Herstellungsverfahren des Ständers, bei dem zunächst die Pole mit den dazwischen befindlichen Wicklungsleitern durch Ausgießen auf einem Träger fixiert werden und erst anschließend die dem Läufer entgegengesetzten Polenden zur Gewährleistung des Rückflusses mittels dem ferromagnetischen Mantel magnetisch verbunden werden. Abschließend wird der innere Träger entfernt.

Ein Ausstanzen des gesamten Ständerquerschnitts und nachträgliches Umwickeln der Ständerpole von der Innenseite her ist somit nicht mehr erforderlich.

Beispielsweise können die zwischen den Blechpaketen befindlichen Wicklungsteile bereits vor dem Zusammenfügen der Blechpakete an diesen angebracht werden, so daß der Ständer aus einer Vielzahl identischer Einzelteile zusammensetzbar ist.

Auch ist es möglich, die Polblechpakete zunächst auf einem zylinderförmigen Körper als sternförmiges Gebilde anzuordnen und anschließend die Wickelleiter vom äußeren Umfang des Ständers her in die Polnuten

einzubringen.

Bei radialer Ausrichtung der Bleche kann das sternförmige Gebilde auch in herkömmlicher Weise gestanzt werden, wobei nach Einbringen der Wicklungen und anschließendem Fixieren, beispielsweise durch Vergießen mittels Kunstharz o. ä., der innere Teil des Stanzquerschnitts entfernt wird.

Auf diese Weise kann die Dicke des rohrförmigen Ständerkörpers und damit das Volumen des aktiven Materials gegenüber der in Fig. 12 gezeigten, bekannten Ausführungsform erheblich verringert werden, was zu einem geringeren Gewicht des Ständers und zu einer besseren Materialnutzung bei gleichen Materialkosten führt.

Erfindungsgemäß kann der Läufer aufgrund der hohen Polzahl als Hybridläufer mit an der dem Ständer gegenüberliegenden Oberfläche befindlichen tangential magnetisierten Permanentmagneten ausgebildet sein, wobei zwischen die Permanentmagnete Blechpakete geschichtet sind, die die Pole des Läufers bilden.

Dabei geschieht der magnetische Rückfluß im Läufer über die Permanentmagnete, so daß das in Fig. 12 gezeigte zusätzliche ferromagnetische Joch 2 nicht erforderlich ist und daher das Gewicht des Läufers bedeutend verringert ist.

Wird der Läufer in derselben Weise wie der Ständer zu einem rohrförmigen Körper geschichtet, so kann der zylindrische Innenkörper des Läufers bei einer Innenläufermaschine hohl sein oder aus einem Material mit geringem spezifischen Gewicht wie beispielsweise Aluminium oder Kunststoff hergestellt werden, was zu einer weiteren Verringerung des Gewichts und der Massträgheit führt.

Durch Ausstattung des Läufers mit der erfindungsgemäßen Wicklungsart, ist eine elektrische Maschine realisierbar, die über den in der Läuferwicklung fließenden Erregerstrom regelbar ist.

Desweiteren ist ein Aufbau als Reluktanzmotor möglich, bei dem auf der dem Ständer gegenüberliegende Oberfläche des Läufers eine dünne gezahnte ferromagnetische Schicht geformt ist.

Bei den vorstehend genannten erfindungsgemäßen Ausführungsformen werden bei der Herstellung lediglich rechteckförmige Blechstreifen benötigt, so daß der bisherige Materialverlust aufgrund des Stanzens der Querschnittsform des Läufers bzw. des Ständers vermieden wird.

Durch die verglichen mit dem vorgenannten Stand der Technik wesentlich höhere Polzahl kann die Polzahldifferenz zwischen Ständer und Läufer und damit auch die Anzahl der Zonen einer Phase vergrößert werden, wodurch die Kräfteverteilung in der Maschine gleichmäßiger ist.

Darüber hinaus ergeben sich aufgrund des geringeren Volumens des aktiven, vom Magnetfeld durchflossenen Materials geringere magnetische Verluste (Eisenverluste) und aufgrund der durch die erfindungsgemäße Wicklungsanordnung ermöglichten geringen Wicklungsleiterlänge bzw. größeren Wicklungsleiterbreite geringere ohmsche Verluste (Kupferverluste).

Auch kann die bei höheren Frequenzen im Wicklungsleiter auftretende Stromverdrängung aufgrund des Skin-Effekts durch die erfindungsgemäße Wicklungsleiterausgestaltung verringert werden.

Desweiteren kann die Maschine aufgrund des erfindungsgemäßen Aufbaus mit höheren Frequenzen betrieben werden, da sich innerhalb einer Polnut nur ein Wickelleiter befindet.

Der erfindungsgemäße Aufbau ist bei allen elektrisch kommutierbaren Maschinen wie Asynchronmaschinen, Synchronmaschinen, Reluktanzmotoren, Schrittmotoren, Linearmotoren etc. vorteilhaft einsetzbar.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels als Synchronmaschine mit Innenläufer,

Fig. 2 eine Ständerwicklungsanordnung des ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels mit drei Phasen und sechs Zonen,

Fig. 3 eine Läuferwicklungsanordnung für eine als Motor oder Generator betriebene Synchronmaschine.

Fig. 4 eine Schnittansicht eines zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels als Synchronmaschine mit Innenläufer,

Fig. 5 einen vergrößerten Ausschnitt der in Fig. 4 dargestellten Schnittansicht des zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels,

Fig. 6 eine Schnittansicht von zerlegten Ständerpolen mit zugehörigen Wicklungsleiterabschnitten nach dem zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel,

Fig. 7 eine Schnittansicht eines dritten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels als Synchronmaschine mit Außenläufer,

Fig. 8 eine Schnittansicht einer Antriebsvorrichtung, in der die Außenläufermaschine gemäß dem dritten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel eingesetzt ist,

Fig. 9A eine Schnittansicht eines vierten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels als Synchronmaschine mit Außenläufer,

Fig. 9B ein Ausschnitt einer Schnittansicht einer Abwandlung des vierten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels, bei der der Ständer zur Reduzierung radialer Kräftekomponente zweiteilig ausgeführt ist,

Fig. 10 eine Schnittansicht eines fünften erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels als Linearmotor,

Fig. 11 einen vergrößerten Ausschnitt der in Fig. 10 dargestellten Schnittansicht des fünften Ausführungsbeispiels in teilweise zerlegter Form,

Fig. 12 eine konstruktive Ausführung einer Außenläufer-Synchronmaschine gemäß dem Stand der Technik, und

Fig. 13 einen Ausschnitt aus einer Ständerwicklungsanordnung gemäß Stand der Technik.

Das in Fig. 1 gezeigte erste Ausführungsbeispiel ist eine Synchronmaschine mit einem Innenläufer 20 und einem Ständer 3. Der Läufer 20 besteht aus einem Innenzylinder 10 und einem den Innenzylinder 10 umschließenden Rohrkörper, der aus Läuferpolen 9, die aus axial ausgerichteten ferromagnetischen Blechstreifenpaketen gebildet sind, mit dazwischenliegenden tangential magnetisierten Permanentmagneten 1 aufgebaut ist.

Die Magnetisierung der Permanentmagnete 1 ist derart gerichtet, daß sich an den Läuferpolenden abwechselnd magnetische Nord- und Südpole ergeben, an denen die magnetischen Feldlinien austreten.

Der Innenzylinder 10 besteht aus Aluminium oder einem sonstigen Material mit geringem spezifischen Gewicht und ausreichender Festigkeit. Der Innenzylinder 10 kann aber auch vollständig entfallen, so daß der Läufer 20 als Hohlkörper ausgebildet ist.

Die Herstellung des Läufers 20 kann beispielsweise derart erfolgen, daß die stäbchenförmigen Permanent-

magnete 1 zusammen mit den stäbchenförmigen Blechstreifenpaketen zunächst auf der Oberfläche eines zylindrischen Körpers an dessen Stirnseite festgeklemt und anschließend mit einem Kunstharz o. dgl. vergossen werden. Abschließend wird der Läufer 20 durch Ab-

schleifen der Stirnseiten auf seine endgültigen Abmessungen gebracht.  
Der Ständer 3 ist ebenfalls aus einem rohrförmigen Körper gebildet, der axial ausgerichtete Blechstreifenpakete als Ständerpole 5 und dazwischen mäanderförmig um die Ständerpole 5 gewickelte isolierte Wicklungsleiter 8 aufweist. Die in Fig. 1 dargestellte Ansicht zeigt den Ständerwickelkopf mit den mehrlagigen Wicklungen einer Zone sowie dem herausgezogenen Läufer 20.

Bei der Herstellung werden die Blechstreifenpakete zunächst ebenfalls auf einem zylindrischen Körper befestigt, so daß ein sternförmiger Körper entsteht. Anschließend werden die Wickelleiter von der Außenseite des sternförmigen Körpers her eingebracht. Der so entstandene, zylindrische Ständerkörper kann mit einem Kunstharz oder dergleichen vergossen werden, worauf der zylindrische Innenkörper entfernt und die Innenseite des Ständers auf den endgültigen Innendurchmesser geschliffen wird.

Um den so erhaltenen rohrförmigen Ständerkörper wird ein ferromagnetischer Mantel 7 gewickelt, der das Joch der Ständerpole 5 bildet.

Es ist jedoch auch eine radiale Ausrichtung der Ständerpolbleche möglich, wobei zunächst der Querschnitt des sternförmigen Körpers aus einem Blech gestanzt und anschließend der Wicklungsleiter um die Enden der geschichteten Bleche gewickelt wird. Nach dem Vergießen und Ummanteln des so entstandenen zylindrischen Körpers wird ein zylindrischer Innenteil des Körpers entfernt.

Im Betrieb verlaufen die Feldlinien eines Permanentmagneten 1 des Läufers 20 durch die benachbarten Läuferpole 9, von wo aus sie aus der Läuferoberfläche des Läufers 20 austreten und sich durch die gegenüberliegenden Ständerpole 5 und den als Joch und damit als Rückschluß für das magnetische Feld dienenden Teil des Mantels 7 schließen.

Vorzugsweise werden die Ständerpole 5 in gleichmäßige Zonen aufgeteilt, deren Wicklungen eine entsprechende Drehstromphase zugeordnet ist. Aufgrund der realisierbaren hohen Polzahl ist, verglichen mit dem vorstehend genannten Stand der Technik, eine höhere Polzahldifferenz zwischen Ständer 3 und Läufer 20 möglich, so daß die Anzahl der Zonen pro Phase erhöht werden kann.

Dadurch ergibt sich im Betrieb eine gleichmäßigere Kraftverteilung längs des Umfangs, wodurch die Unwucht der Maschine verringert wird und damit ein besserer Rundlauf und eine geringere Geräuschentwicklung erzieltbar ist.

Fig. 2 zeigt eine Ständerwicklungsanordnung eines Ständers mit 48 Polen und 6 Zonen sowie den dazugehörigen Anschlüssen R, S, T, U, V und W. Innerhalb einer Zone ist der Wickelleiter mäanderförmig um die aufeinanderfolgenden Ständerpole 5 gewickelt.

Im Falle eines Generatorbetriebs weist der Läufer 20 anstelle der Permanentmagnete 1 eine Erregerwicklung auf. Der Wickelleiter der Erregerwicklung wird in gleicher Weise wie die Ständerwicklungen mäanderförmig um die aus Blechstreifenpaketen gebildeten Läuferpole 5 gewickelt, so daß ein rohrförmiger Läuferkörper entsteht, der auf den in Fig. 1 gezeigten Innenzylinder 10

aufgesteckt wird.

Wird die Erregerwicklung von einem Erregergleichstrom durchflossen, so bilden sich an den Läuferpolen die abwechselnd magnetische Nord- und Südpole. Durch Drehung des Läufers 20 wird in den Ständerwicklungen eine sinusförmige Spannung induziert, deren Höhe durch den Erregerstrom regelbar ist.

Fig. 3 zeigt eine abgewinkelte Läuferwicklungsanordnung mit Anschlußpolen für eine Erregergleichstromquelle. Dabei wird der Wicklungsleiter entlang des gesamten Läuferumfangs mäanderförmig um die Läuferpole 9 gewickelt.

Der so aufgebaute Läufer 20 mit Erregerwicklung kann auch zur Realisierung einer Asynchronmaschine verwendet werden.

Fig. 4 zeigt ein Schnittbild eines zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels mit 78 Ständerpolen 5 und 80 Läuferpolen 9. Die dargestellte Innenläufer-Synchronmaschine weist an deren Läuferoberfläche entsprechend dem in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel Permanentmagnete 1 mit dazwischen befindlichen, in axialer Richtung ausgerichteten Blechstreifenpaketen als Läuferpole 9 auf.

Zwischen den ebenfalls aus Blechstreifenpaketen gebildeten Ständerpolen 5 sind axial ausgerichtete, stabförmige Wicklungsleiterabschnitte 8 angeordnet, die an den jeweiligen Stirnseiten des Ständers 3 in der Weise leitend verbunden sind, daß sich der erfindungsgemäße mäanderförmige Wicklungsverlauf ergibt.

In vorbestimmten Zonen des Ständers 3 sind verkürzte Ständerpole 11 eingebracht, die nicht mit dem die Ständerpole 5 umgebenden ferromagnetischen Mantel 7 verbunden sind und zwischen denen sich keine Wicklungsleiterabschnitte 8 befinden.

Anstelle der Wicklungsleiterabschnitte 8 können zwischen den verkürzten Ständerpole 11 Hall-Sensoren 12 oder andere Sensoren eingebracht werden, mittels denen die Drehzahl oder Winkelstellung des Läufers 20 feststellbar ist.

Fig. 5 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt des zweiten Ausführungsbeispiels, wobei der Luftspalt 13 zwischen Ständer 3 und Läufer 20 erkennbar ist.

Eine Draufsicht auf einen Teil eines zerlegten Ständers 3 gemäß dem zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist in Fig. 6 dargestellt, wobei der Ständer 3 aus identischen Pol-Wicklungs-Komponenten aufgebaut ist. Dieser Aufbau führt zu einer wesentlich vereinfachten Herstellung des Ständers 3.

Bereits bei der Herstellung der Pol-Wicklungs-Komponenten werden die Wicklungsleiter elektrisch isoliert um die Ständerpole 5 gewickelt, wobei die an der einen Seite der Ständerpole 5 angeordneten Wicklungsleiterabschnitte 8 genau gegenüber dem Zwischenraum zwischen den Wicklungsleiterabschnitten 8 der anderen Seite angeordnet sind. An den Stirnseiten der Pol-Wicklungs-Komponenten sind die jeweiligen axialen Wicklungsleiterabschnitte 8 der beiden Seiten über schräg verlaufende Verbindungsabschnitte 15 miteinander verbunden.

Auf diese Weise können die Pol-Wicklungs-Komponenten ineinander eingreifend aneinandergeschichtet werden, so daß die Zwischenräume zwischen den Ständerpolen 5 vollständig von den Wicklungsleiterabschnitten 8 ausgefüllt werden, wobei der Polabstand lediglich eine Wicklungsbreite beträgt.

Zwischen die aneinandergeschichteten Pol-Wicklungs-Komponenten ist eine dünne Isolierfolie 14 zur elektrischen Isolierung der Wicklungsleiterabschnitte 8

untereinander bzw. gegenüber den Ständerpolen 5 angeordnet.

Das Seitenverhältnis der Wicklungsleiterquerschnitte ändert sich in radialer Richtung, wobei die Querschnittsfläche konstant bleibt. Diese Ausgestaltung dient der weiteren Verringerung der durch den Skineneffekt hervorgerufenen Stromverdrängung.

Der Wicklungsverlauf wird durch mittels Verlöten oder Metallisieren hergestellte elektrische Verbindungen 17 zwischen den entsprechenden Enden der axial ausgerichteten Wicklungsleiterabschnitte 8 an den jeweiligen Stirnseiten der Pol-Wicklungs-Komponenten bestimmt.

Auch hierbei ergibt sich hinsichtlich der Stromrichtung ein mäanderförmiger Wicklungsverlauf um die Ständerpole 5.

Die Pfeilmarkierungen 16 zeigen den Verlauf des elektrischen Stroms durch die Wicklungsleiterabschnitte 8.

Die Herstellung des Ständers 3 erfolgt durch ineinander eingreifendes Schichten der Pol-Wicklungs-Komponenten gemäß Fig. 6 zu einem Hohlzylinder und anschließendem Vergießen mit einem Kunstharz o.a. Danach werden Innen- und Außendurchmesser sowie die Stirnseiten auf Maß gebracht. Abschließend wird der so gebildete Hohlzylinder mit dem ferromagnetischen Mantel 7 am Außenumfang ummantelt.

Fig. 7 zeigt ein drittes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel der elektrischen Maschine, die in diesem Fall als Außenläufer-Synchronmaschine aufgebaut ist, wobei der außenliegende Läufer 20 neunzig Pole und der innenliegende Ständer 3 neunundachtzig Pole aufweist.

Die Blechpaketstreifen der Ständerpole 5 sind bei diesem Ausführungsbeispiel U-förmig ausgebildet und mit nach außen gerichteten Öffnungen auf der Außenoberfläche 19 eines Hohlzylinders 18 angebracht. Der Hohlzylinder 18 weist Bohrungen 22 auf, mittels denen er an einer der Motor beinhaltenen Antriebsvorrichtung angeschraubt wird, wobei der Innendurchmesser 21 gegen einen konischen Teil der Antriebsvorrichtung gepreßt wird.

Das Abschleifen des Innendurchmessers der U-förmigen Blechpaketstreifen 5 entfällt im vorliegenden Fall.

Die jeweiligen Schenkel der Blechpaketstreifen bilden die Ständerpole 5, wobei zwischen den Schenkeln eines jeden U-förmigen Blechpaketstreifens die axial orientierten Wicklungsleiterabschnitte 8 eingebracht sind, so daß auch im vorliegenden Fall identische Pol-Wicklungs-Komponenten entstehen, aus denen der Ständer 3 durch Aneinanderschichten und anschließendes elektrisches Verbinden der Wicklungsleiterabschnitte 8 an den jeweiligen Enden hergestellt wird.

Der rohrförmige Außenläufer 20 besteht aus axial ausgerichteten Blechpaketen als Läuferpole 9, die abwechselnd mit tangential magnetisierten Permanentmagneten 1 zu einer Rohrform aneinandergeschichtet sind.

Aufgrund der tangentialen Magnetisierung der Permanentmagnete 1 schließen sich die aus den Läuferpolen austretenden, den magnetischen Rückschluß bildenden, magnetischen Feldlinien über die Permanentmagnete 1. Daher ist die derart geschichtete Rohrform von einem nichtmagnetischen Mantel 2A umgeben.

Fig. 8 zeigt eine Schnittansicht einer den Außenläufermotor gemäß Fig. 7 aufweisenden Antriebsvorrichtung.

Der Außenläufer 20 ist an der Innenseite eines glockenförmigen Körpers 25 angebracht, der zur Kraftüber-

tragung dient und der an einer drehbar gelagerten Antriebswelle 24 befestigt ist. Der Hohlzylinder 18 ist mittels Schrauben 23 am Gehäuse 27 der Antriebsvorrichtung befestigt. Weiterhin sind in diesem Schnittbild die

Wicklungsleiterabschnitte 8 erkennbar, deren Enden 26 abwechselnd an einer der beiden Stirnseiten des Außenläufermotors hervorstehen, so daß sie mittels den in Fig. 6 gezeigten elektrischen Verbindungen 17 zur Festlegung des mäanderförmigen Wicklungsverlaufs miteinander verbunden werden können.

Ein viertes Ausführungsbeispiel als Außenläufer-Synchronmaschine mit fünfzig Läuferpolen und achtundvierzig Ständerpolen ist in Fig. 9A dargestellt.

Der Außenläufer 20, der bei einem Einsatz des Motors gemäß Fig. 8 auch selbst glockenförmig sein kann, besteht hierbei aus einem ferromagnetischen Metallrohr 28 als Joch, auf dessen Innenseite radial magnetisierte Permanentmagnete 29 als Läuferpole angebracht sind, wobei die Magnetisierungsrichtung benachbarter Permanentmagnete 29 umgekehrt ist, so daß sich an den Läuferpolenden abwechselnd magnetische Nord- und Südpole ergeben.

Der Ständer 3 ist in der in Fig. 7 gezeigten Weise aufgebaut, wobei die die Ständerpole 5 bildenden Schenkel der Blechstreifenpakete an deren äußeren Enden aufgebogen sind, so daß die Polenden vergrößert und an die Abmessung der Läuferpole 29 angepaßt sind.

Diese Ausgestaltung führt zu einer Verringerung der magnetischen Flußdichte an den Polenden des Ständers 3 und des Läufers 20 und damit zu geringen Kräften, geringerer Geräuschentwicklung und der Möglichkeit einen größeren Luftspalt vorzusehen.

Eine derartige Ausgestaltung der Polenden durch Aufbiegen der Polbleche ist auch bei allen anderen beschriebenen Ausführungsbeispielen möglich, um dadurch die vorstehend genannten Vorteile zu erzielen.

Der Ständer 3 des vierten Ausführungsbeispiels weist sechs Zonen auf, die durch einen vergrößerten Polabstand 30 voneinander getrennt sind. Der Läufer 20 umfaßt 25 Polpaare. Da die Polteilung innerhalb der Ständerzonen der des Läufers 20 entspricht, ergibt sich die Polzahldifferenz zwischen Ständer 3 und Läufer 20 aus der Summe der Polabstandsverbreiterungen entlang des Ständerumfangs.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen wirken auf die Läuferpole und somit auch auf die Lager der Antriebswelle 24 radiale Kräfte, die zur Verringerung der Lebensdauer der Lager führen.

Durch die in Fig. 9B dargestellte Abwandlung des vierten Ausführungsbeispiels ist eine deutliche Verringerung der radialen Kräftekomponenten erzielbar.

Der Ständer besteht dabei aus einem, dem in Fig. 9A dargestellten Ständer 3 entsprechenden, inneren Ständerteil 3 und einem konzentrischen äußeren Ständerteil 3A mit identischer Polzahl, wobei die Wicklungen des inneren und des äußeren Ständerteils 3, 3A seriell geschaltet und die Größen der Polnut-Querschnittsflächen gleich sind.

Die Polenden von sich entsprechenden Polen gleicher Phase der beiden Ständerteile 3, 3A sind gegenüberliegend angeordnet, so daß die Magnetfeldlinien an einem Polende des einen Ständerteils austreten und durch den Permanentmagneten 29 des Läufers 20 hindurch zu dem gegenüberliegenden Polende des zweiten Ständerteils 3A verlaufen.

Da der magnetische Rückfluß hierbei über das äußere Ständerteil 3A erfolgt, entfällt das ferromagnetische Joch 28.

Der Läufer 20 kann auch in der in Fig. 4 dargestellten Weise mit tangential magnetisierten Permanentmagneten aufgebaut sein.

Aufgrund der seriellen Schaltung der Wicklungen sind die Ströme in den Wicklungen der beiden Ständer-  
teile 3, 3A und damit auch die magnetischen Flüsse in  
den entsprechenden gegenüberliegenden Polen gleich,  
so daß sich die auf den Läufer 20 wirkenden, radialen  
Kräftekomponenten aufheben.

Die Stromflußrichtung in den mäanderförmig um die  
Pole gewickelten Wicklungsleitern ist mittels in die Pol-  
nuten der beiden in Fig. 9B dargestellten Ständerteile 3,  
3A eingezeichneten Pfeilmarkierungen gekennzeichnet.

Ferner zeigt Fig. 9A einen Wechsel der Wicklungs-  
phase von R nach S, der in beiden Ständerteilen an  
derselben Stelle angeordnet ist.

Ein derartiger, zweiteiliger Ständeraufbau zur Verrin-  
gerung der radialen Kräftekomponenten ist selbstver-  
ständlich auch bei den übrigen beschriebenen Ausführ-  
ungsbeispielen des Ständers 3 möglich.

Fig. 10 zeigt ein fünftes erfindungsgemäßes Ausführ-  
ungsbeispiel als Linearmotor.

Die Ausgestaltung des dargestellten Linearmotors  
entspricht dem in Fig. 4 gezeigten zweiten Ausführ-  
ungsbeispiel, wobei Läufer 20 und Ständer 3 in linearer  
("abgewinkelter") Form ausgebildet sind.

Der bandförmige Läufer 20 besteht aus abwechselnd  
aneinander geschichteten Permanentmagneten und  
Blechpaketen und kann durch Erzeugen eines Wander-  
felds im Ständer 3 mittels den Phasenanschlüssen R, S, T  
auf dessen Oberfläche linear vor- und zurückbewegt  
werden, wobei die Anschlüsse U, V, W ein gemeinsames  
Bezugspotential aufweisen.

In vorliegendem Beispiel bewegt sich der Läufer 20  
während einer Phasenänderung von 360° an den Pha-  
senanschlüssen um ein Läuferpolpaar weiter.

Die Geschwindigkeit ergibt sich somit aus dem Pol-  
abstand des Läufers 20 und der Frequenz des durch den  
Ständer 3 fließenden Drehstroms.

Der Ständer 3 besteht aus ineinander eingreifend ge-  
schichteten Pol-Wicklungs-Komponenten, die entspre-  
chend dem zweiten Ausführungsbeispiel aus quer zur  
Bewegungsrichtung des Läufers 20 ausgerichteten  
Blechstreifenpaketen als Ständerpole 5 und daran befe-  
stigten Wicklungsleiterabschnitten 8 aufgebaut sind,  
wobei hier allerdings die Querschnittsabmessungen al-  
ler Wicklungsleiterabschnitte 8 gleich sind, da der Stän-  
der 3 linear aufgebaut ist.

Ein teilweise zerlegter Ausschnitt des Linearmotors  
ist in Fig. 11 vergrößert dargestellt. Dabei weisen die  
den in Fig. 6 gezeigten Bestandteilen entsprechenden  
Teile die gleichen Bezugszeichen auf.

Auch die übrigen, vorstehend beschriebenen Ausführ-  
ungsbeispielen sind entsprechend dem in Fig. 10 und 11  
dargestellten fünften Ausführungsbeispiel als Linear-  
motor ausführbar, wobei sich die nötigen Änderungen  
für den Fachmann in naheliegender Weise ergeben.

Mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare  
Maschine mit einem Ständer und einem Läufer. Zur  
Vereinfachung der Herstellung und Erhöhung von Lei-  
stung und Drehmoment wird der Wicklungsleiter in mä-  
anderförmiger Weise um die Ständerpole gewickelt, so  
daß der Polabstand benachbarter Ständerpole der Brei-  
te des Wicklungsleiters entspricht und damit stark ver-  
ringert ist. Durch die daraus resultierende hohe Polzahl  
läßt sich der Ständer auf einfache Weise durch Aneinan-  
derschichten von Ständerblechstreifen und dazwischen  
angeordneten Wicklungsleiterabschnitten herstellen,

wobei die Ständerpole erst nach dem Einbringen der  
Wicklungsleiter mittels eines den Rückschluß bildenden  
ferromagnetischen Mantels an deren einem Polende  
magnetisch verbunden werden. Der Läufer kann in ähn-  
licher Weise durch Aneinanderschichten von Läuferpol-  
en und dazwischen angeordneten, tangential magneti-  
sierten Permanentmagneten hergestellt werden, wo-  
durch auch dessen Gewicht beträchtlich reduzierbar ist.  
Durch den Aufbau wird eine effektivere Materialnut-  
zung und eine wesentlich geringere Massenträgheit der  
bewegten Teile erzielt. Das Aufbauprinzip ist für Asyn-  
chron-, Synchronmaschinen, Linearmotoren, Schrittmotoren  
sowie Reluktanzmotoren anwendbar.

#### Patentansprüche

1. Ständer für eine mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine, wobei die Phasen zonenweise entlang des Ständers (3) verteilt sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Wicklungsleiter (8) einer Phase innerhalb einer Zone mäanderförmig um aufeinanderfolgende Ständerpole (5) gewickelt ist, so daß die Nutbreite zwischen zwei benachbarten Ständerpolen (5) der Breite des Wicklungsleiters (8) entspricht.
2. Ständer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ständerpole (5) aus Blechstreifen gebildet sind und an deren einem Läufer (20) entgegengesetzten Ende über einen ferromagnetischen Mantel (7) miteinander magnetisch leitend verbunden sind.
3. Ständer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Blechstreifen der Ständerpole (5) U-förmig ausgebildet sind und deren Schenkel die Ständerpole (5) bilden.
4. Ständer nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Blechstreifen der Ständerpole (5) quer zur Bewegungsrichtung des Läufers (20) ausgerichtet sind.
5. Ständer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ständer (3) einen sternförmigen Querschnitt aufweist und aus sternförmig gestanzten Blechen gebildet ist, wobei die dem Läufer (20) entgegengesetzten Polenden des Ständers (3) über einem ferromagnetischen Mantel (7) verbunden sind.
6. Ständer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Wicklungsleiter (8) mehrlagig in abwechselnder Richtung um die Ständerpole (5) einer Zone gewickelt ist.
7. Ständer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Wicklungsleiter stabförmige Wicklungsleiterabschnitte (8) aufweist, die parallel zur Ständeroberfläche übereinander und elektrisch voneinander isoliert zwischen den Ständerpolen (5) angeordnet sind, so daß der gesamte Zwischenraum zwischen den Ständerpolen (5) von den Wicklungsleiterabschnitten (8) ausgefüllt ist, wobei die Enden (26) der Wicklungsleiterabschnitte (8) eines Zwischenraums entsprechend dem Wicklungsverlaufs mit entsprechenden Enden der Wicklungsleiterabschnitte (8) benachbarter Zwischenräume über elektrisch leitende Verbindungsstücke (15, 17) miteinander verbunden sind.
8. Ständer nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß in vorbestimmten Zonen des Ständers (3) verkürzte Ständerpole (11) eingebracht sind, deren Enden nicht mit dem ferromagnetischen Mantel (7) verbunden sind und zwischen denen Sensoren (12)

angeordnet sind.

9. Ständer nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Ständer (3) aus identischen Pol-Wicklungs-Komponenten zusammengesetzt ist, die aus Ständerpolen (5) mit an deren Seitenflächen versetzt angebrachten Wicklungsleiterabschnitten (8) bestehen, wobei die Wicklungsleiterabschnitte (8) der einen Seitenfläche gegenüber den Zwischenräumen der Wicklungsleiterabschnitte der anderen Polseite angeordnet sind.

10. Ständer nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Ständerpolzwischenraum nach außen hin verbreitert, wobei sich die Breite der Wicklungsleiterabschnitte (8) entsprechend den Abmessungen des Ständerpolzwischenraums ändert, die Größe der Querschnittsfläche der Wicklungsleiterabschnitte (8) jedoch gleich bleibt.

11. Ständer nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Blechstreifen läuferseitig aufgebogen sind, um dadurch die Polenden (29) der Ständerpole (5) zu verbreitern.

12. Läufer für eine mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine, wobei die Phasen zonenweise entlang eines Ständers (3) verteilt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Läuferpole (9) aus Blechstreifen bestehen und daß zwischen den Läuferpolen (9) tangential magnetisierte Permanentmagnete (1) angeordnet sind, deren Magnetisierung derart gerichtet ist, daß sich an den Läuferpolenden abwechselnd magnetische Nord- und Südpole ergeben.

13. Läufer nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Blechstreifen der Läuferpole (9) quer zur Bewegungsrichtung des Läufers (20) ausgerichtet sind.

14. Läufer nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Läuferpole (9) und die dazwischenliegenden Permanentmagnete (1) auf einem Körper (10) mit geringem spezifischen Gewicht angeordnet sind.

15. Läufer für eine mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine, wobei die Phasen entlang eines Ständers (3) verteilt sind, gekennzeichnet durch eine Erregerwicklung (Fig. 3), die in gleicher Weise wie die Ständerwicklung nach Anspruch 1 aufgebaut ist, wobei die Wicklungsleiter seriell geschaltet sind.

16. Mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine mit einem Ständer (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 6 bis 9 und 11 und einem Läufer (20) nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Ständer und der Läufer (20) linear aufgebaut sind.

17. Mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine mit einem Ständer (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch einen Läufer (20), dessen Pole aus senkrecht zur Läuferoberfläche magnetisierten Permanentmagneten (29) gebildet sind, die an deren den Statorpolenden entgegengesetzten Enden über ein ferromagnetisches Joch (28) miteinander verbunden sind.

18. Mehrphasige und vielpolige, elektrisch kommutierbare Maschine mit einem Ständer nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Ständer aus zwei Ständerteilen (3, 3A) mit identischer Polzahl gebildet ist, deren einander ent-

sprechende Wicklungen seriell geschaltet sind und die derart angeordnet sind, daß sich die entsprechenden Polenden der beiden Ständerteile (3, 3A) gleicher Phasen gegenüberliegen und daß sich zwischen den beiden Ständerteilen (3, 3A) der Läufer (20) befindet, wobei die Läuferpole in radialer Richtung derart magnetisiert sind, daß sich an den Läuferpolenden abwechselnd magnetische Nord- und Südpole ergeben.

19. Verfahren zur Herstellung eines Ständers für eine mehrphasige und vielpolige elektrische Maschine, gekennzeichnet durch die Schritte: sternförmiges Anordnen von Ständerpolen, Umwickeln der Ständerpole mit einem Wicklungsleiter,

Fixieren der so entstandenen Pol-Wicklungsanordnung, und

Verbinden der einem Läufer entgegengesetzten Ständerpolenden mittels eines das Ständerjoch bildenden ferromagnetischen Mantels.

20. Verfahren zur Herstellung eines Ständers für eine mehrphasige und vielpolige elektrische Maschine, gekennzeichnet durch die Schritte:

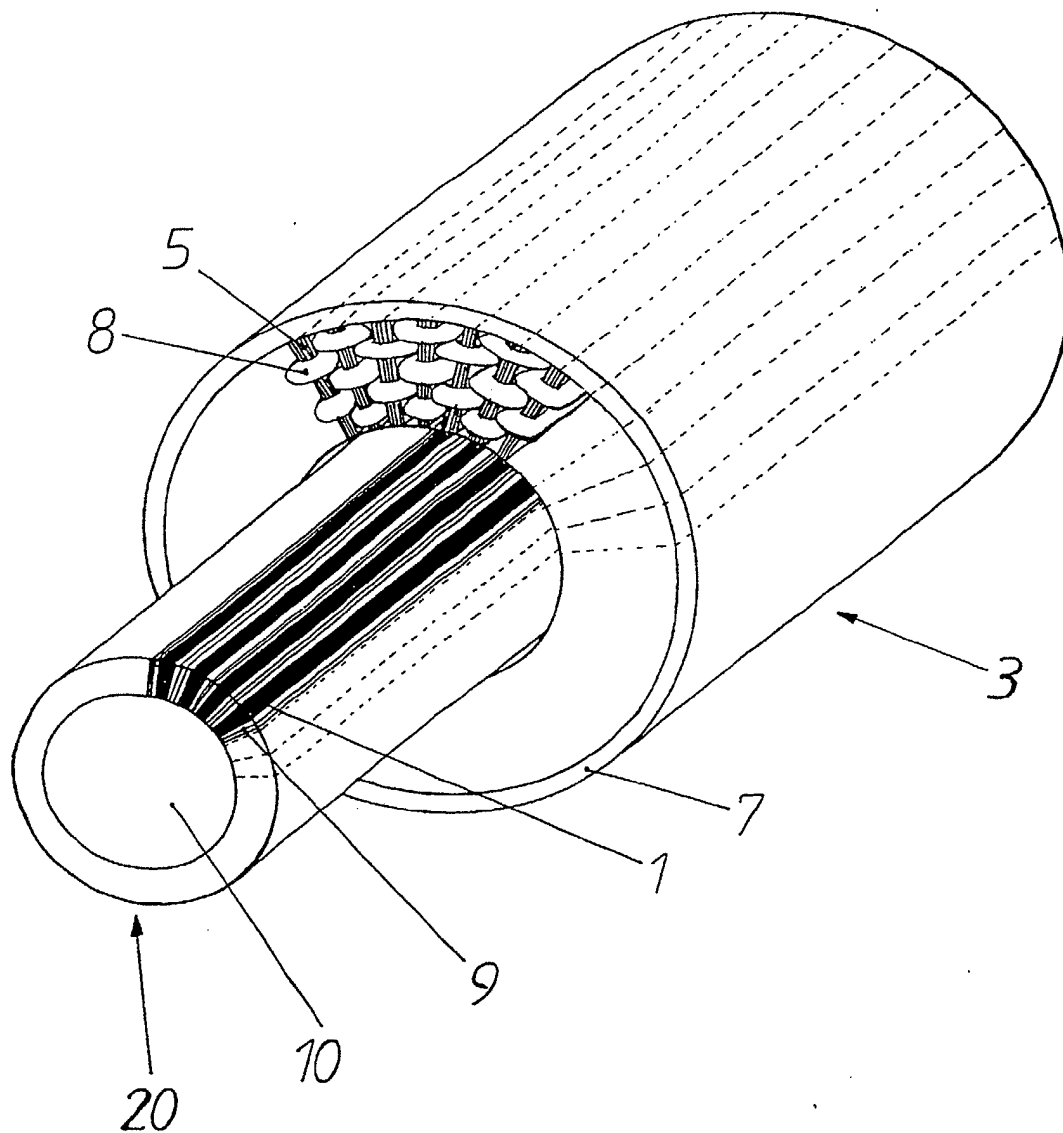
Herstellen von Pol-Wicklungskomponenten, die aus Ständerpolen und um diese gewickelten Wicklungsleiterabschnitten aufgebaut sind, Aneinanderschichten der Pol-Wicklungskomponenten,

Fixieren der so entstandenen Pol-Wicklungsanordnung, und

Verbinden der einem Läufer entgegengesetzten Ständerpolenden mittels eines das Ständerjoch bildenden ferromagnetischen Mantels.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1





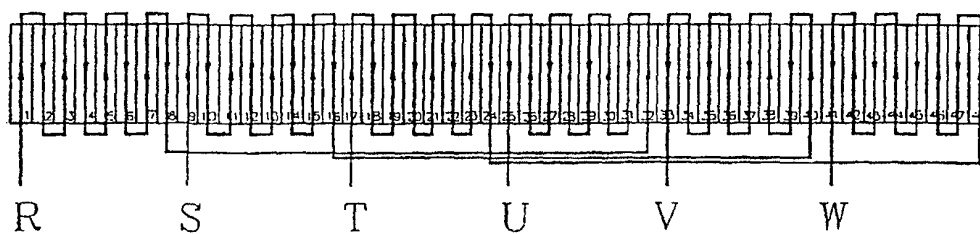


Fig. 2

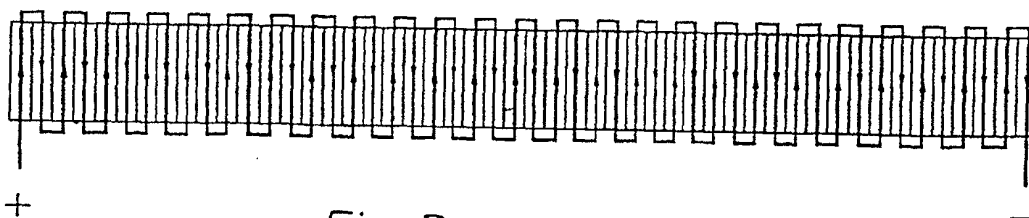


Fig. 3

Fig. 4

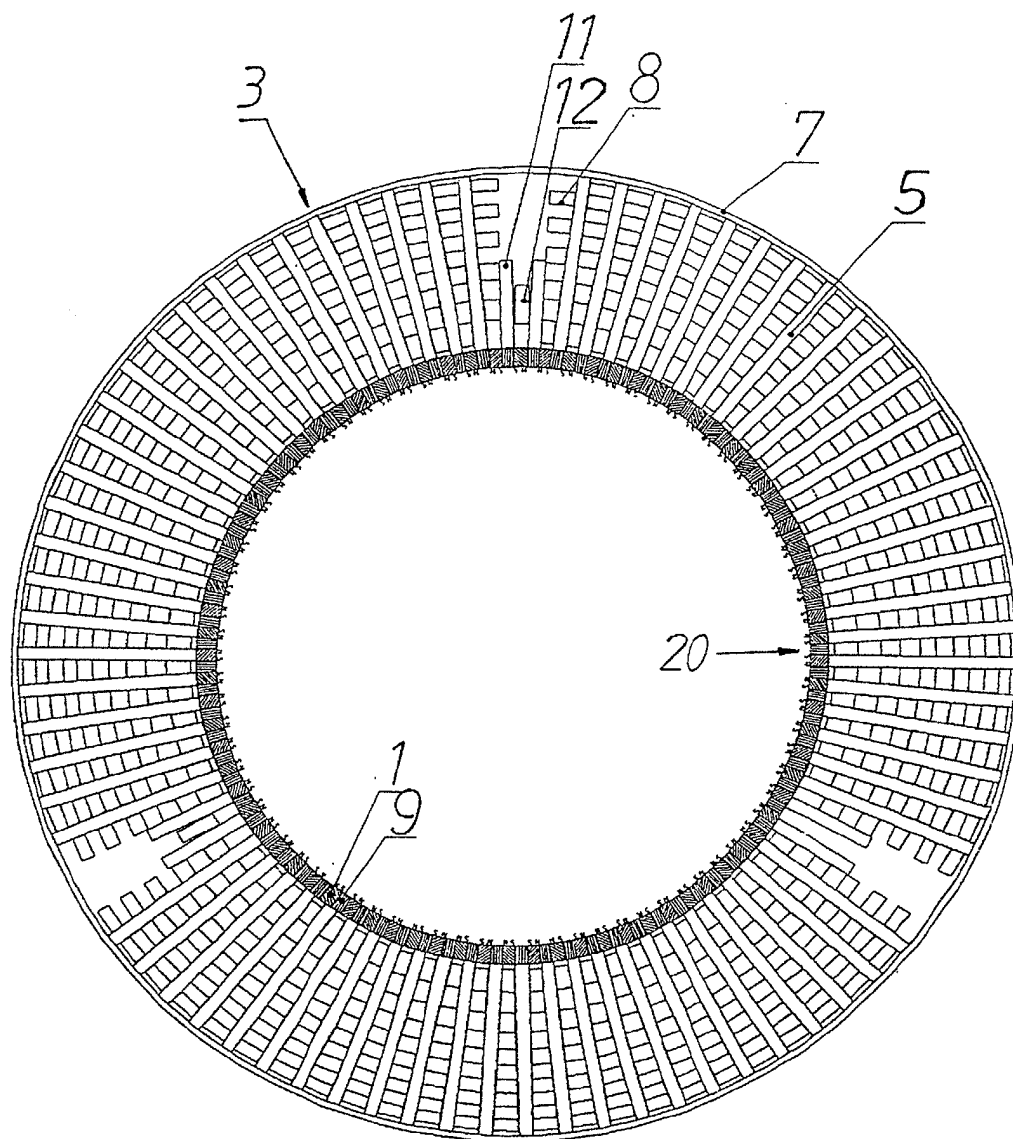


Fig. 5

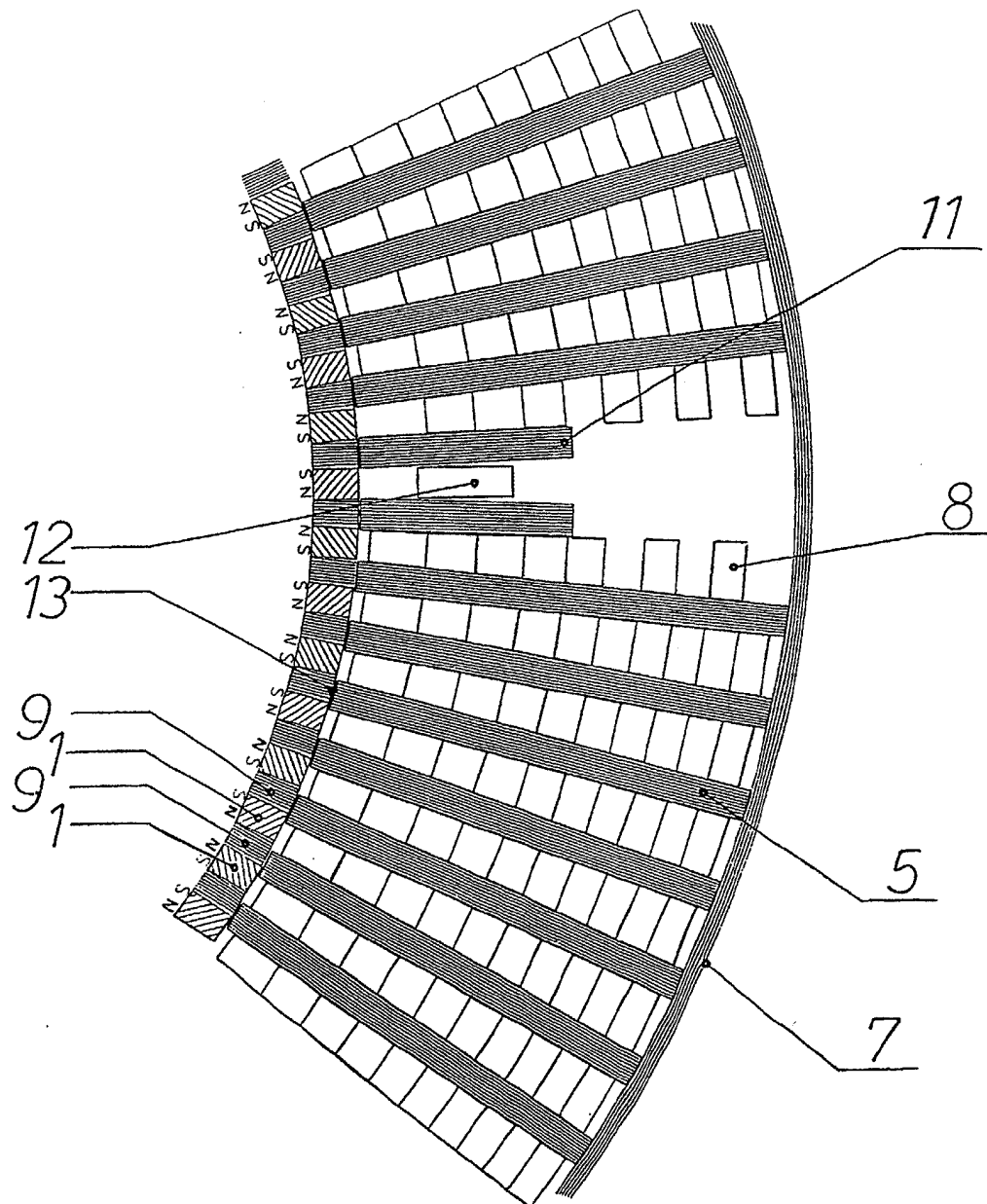


Fig. 6

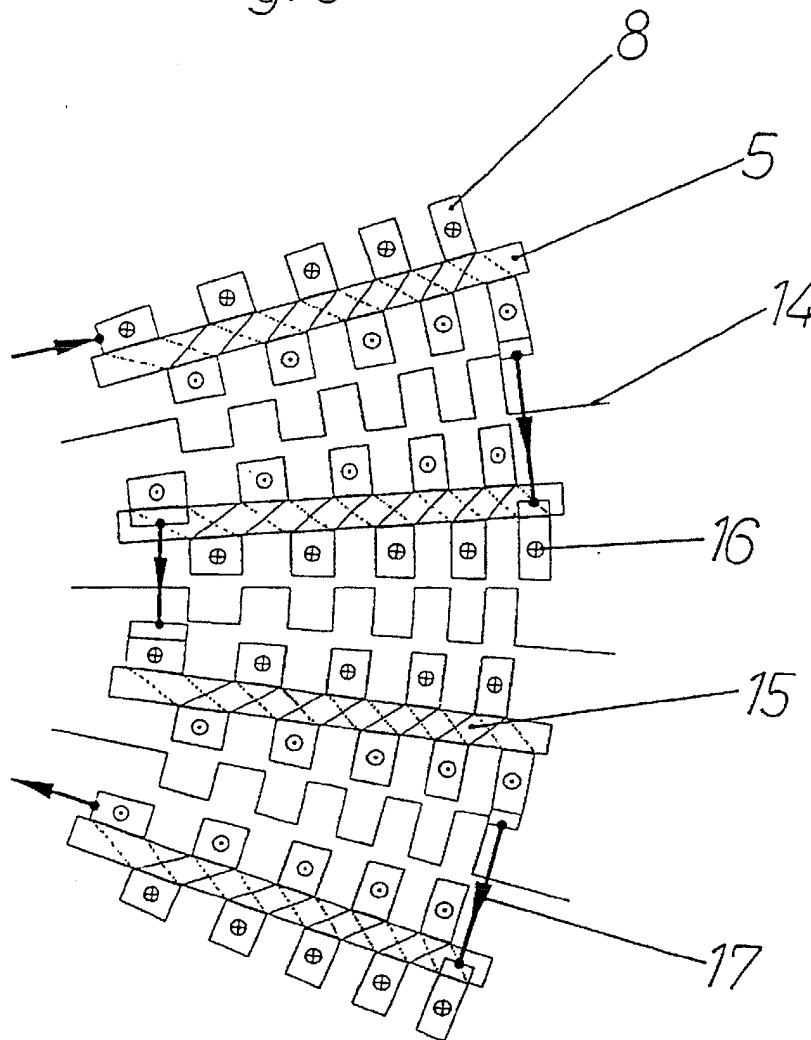
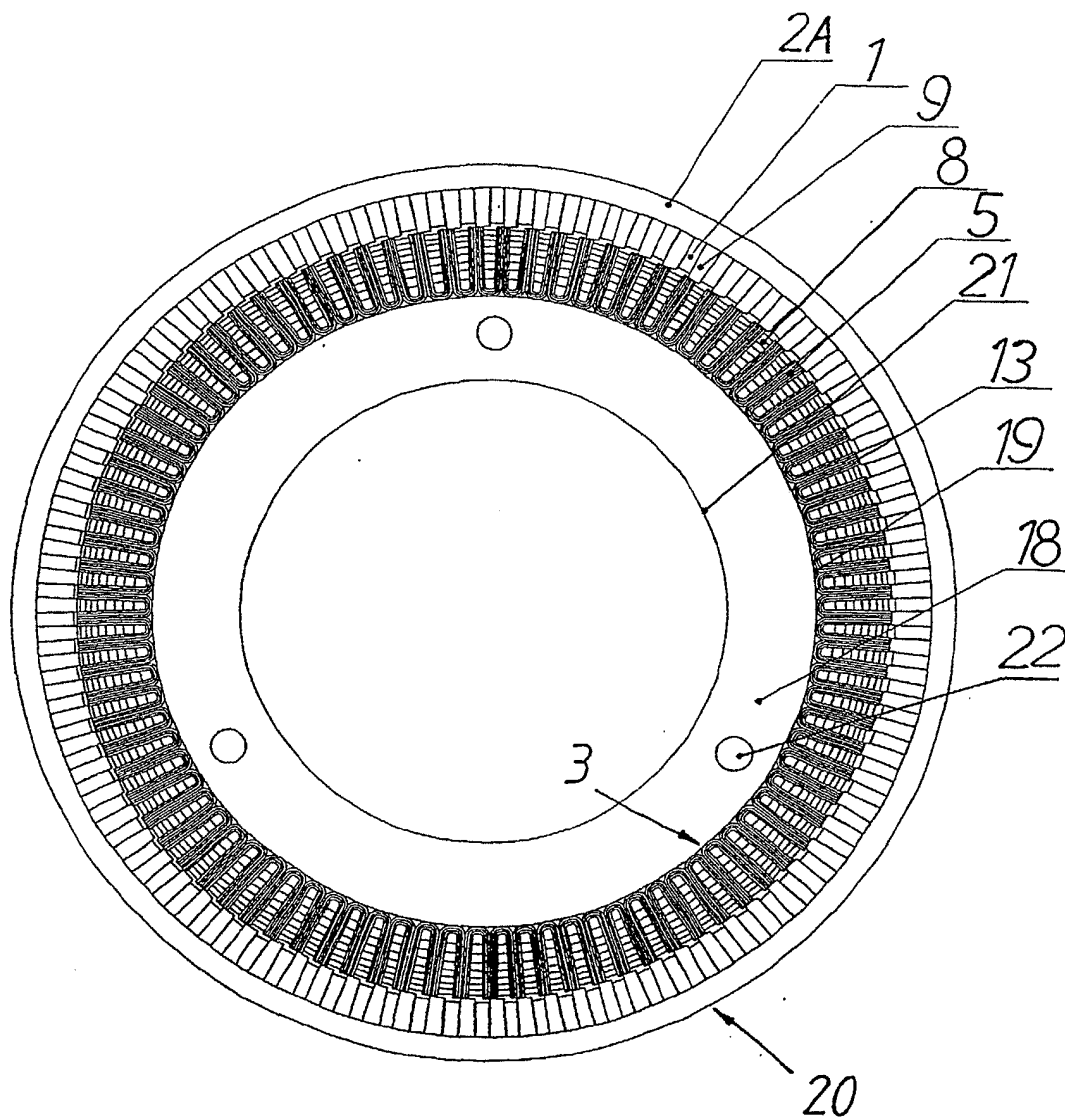


Fig. 7



*Fig. 8*

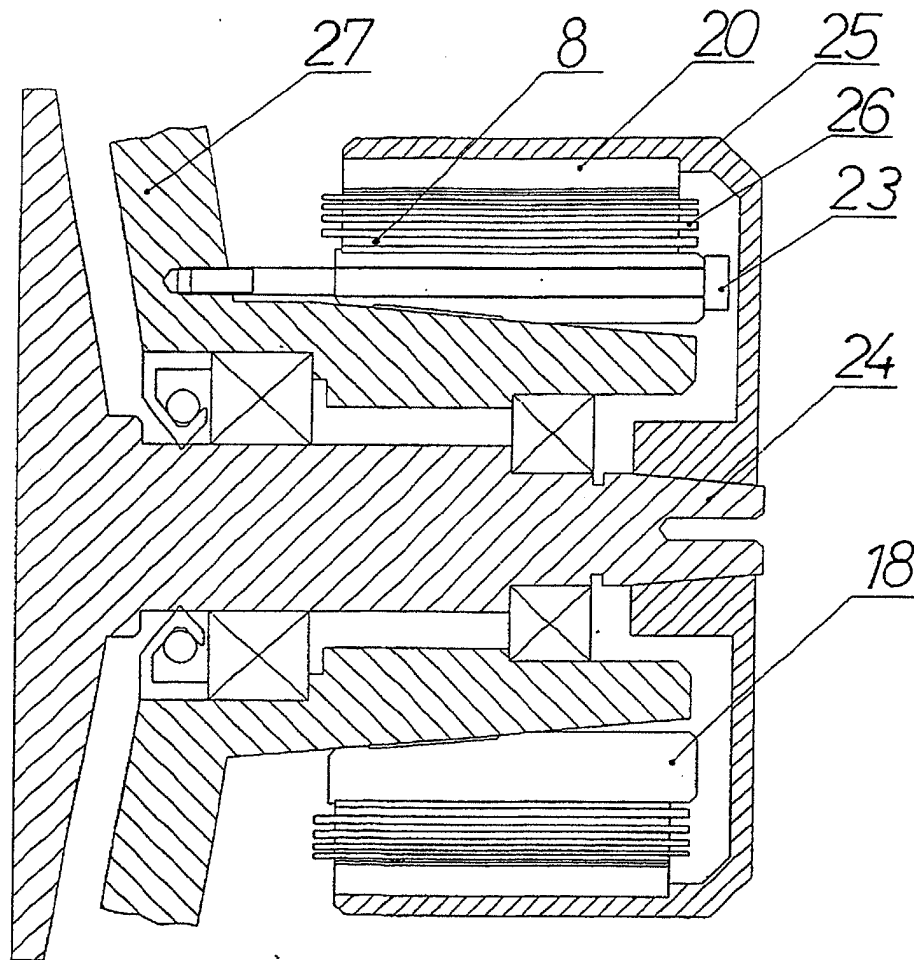


Fig. 9A

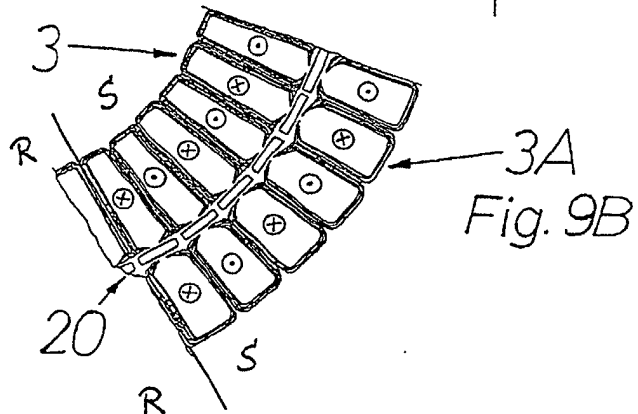
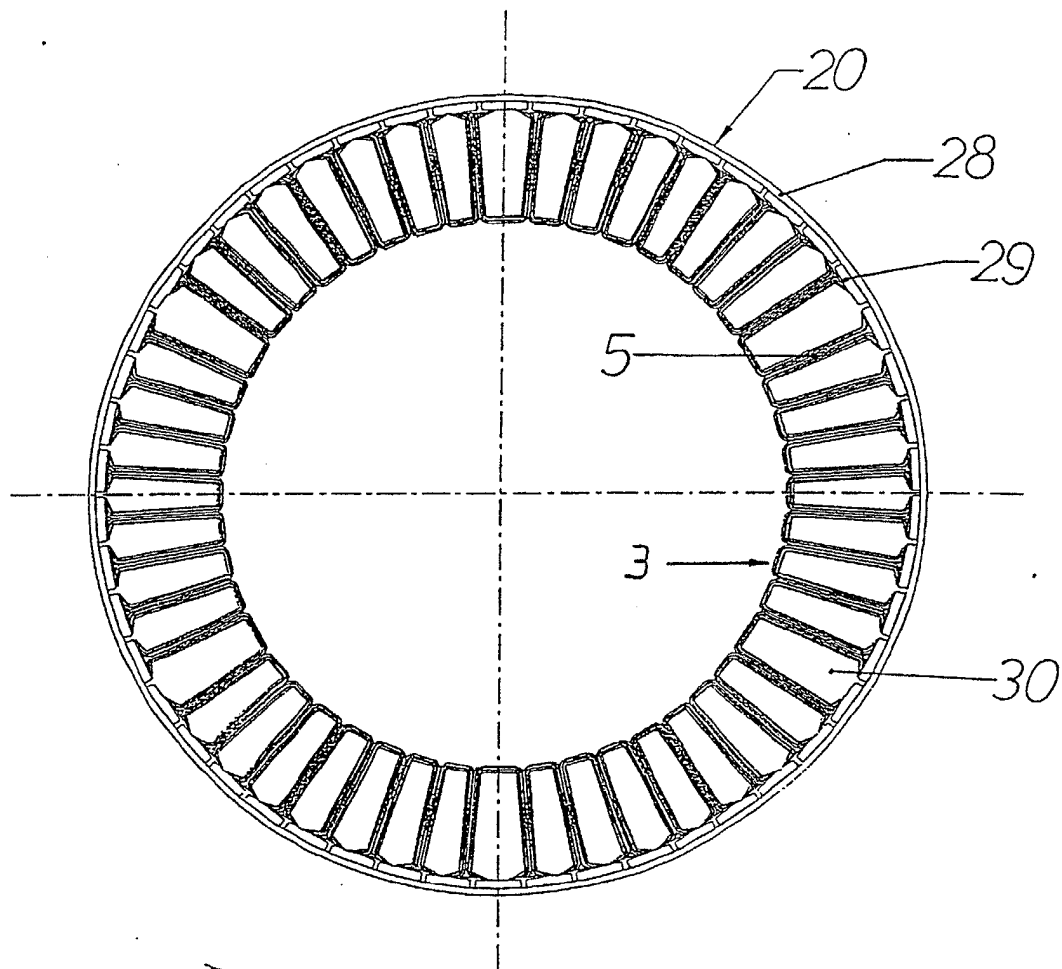
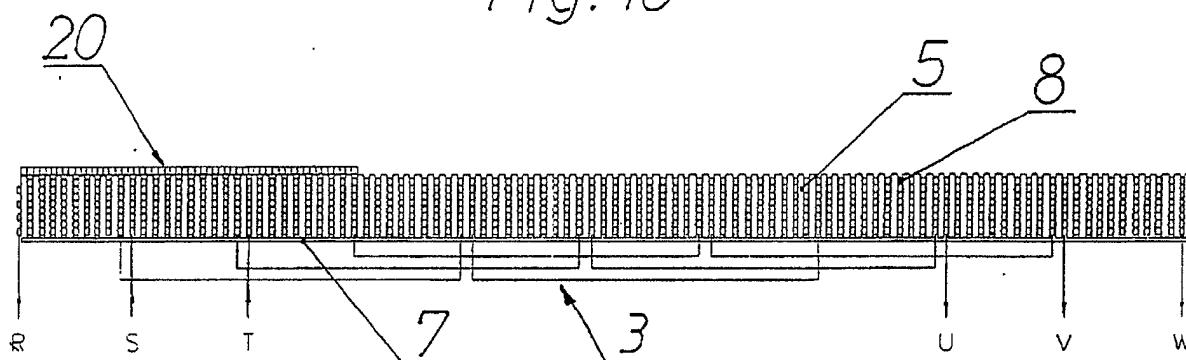


Fig. 10





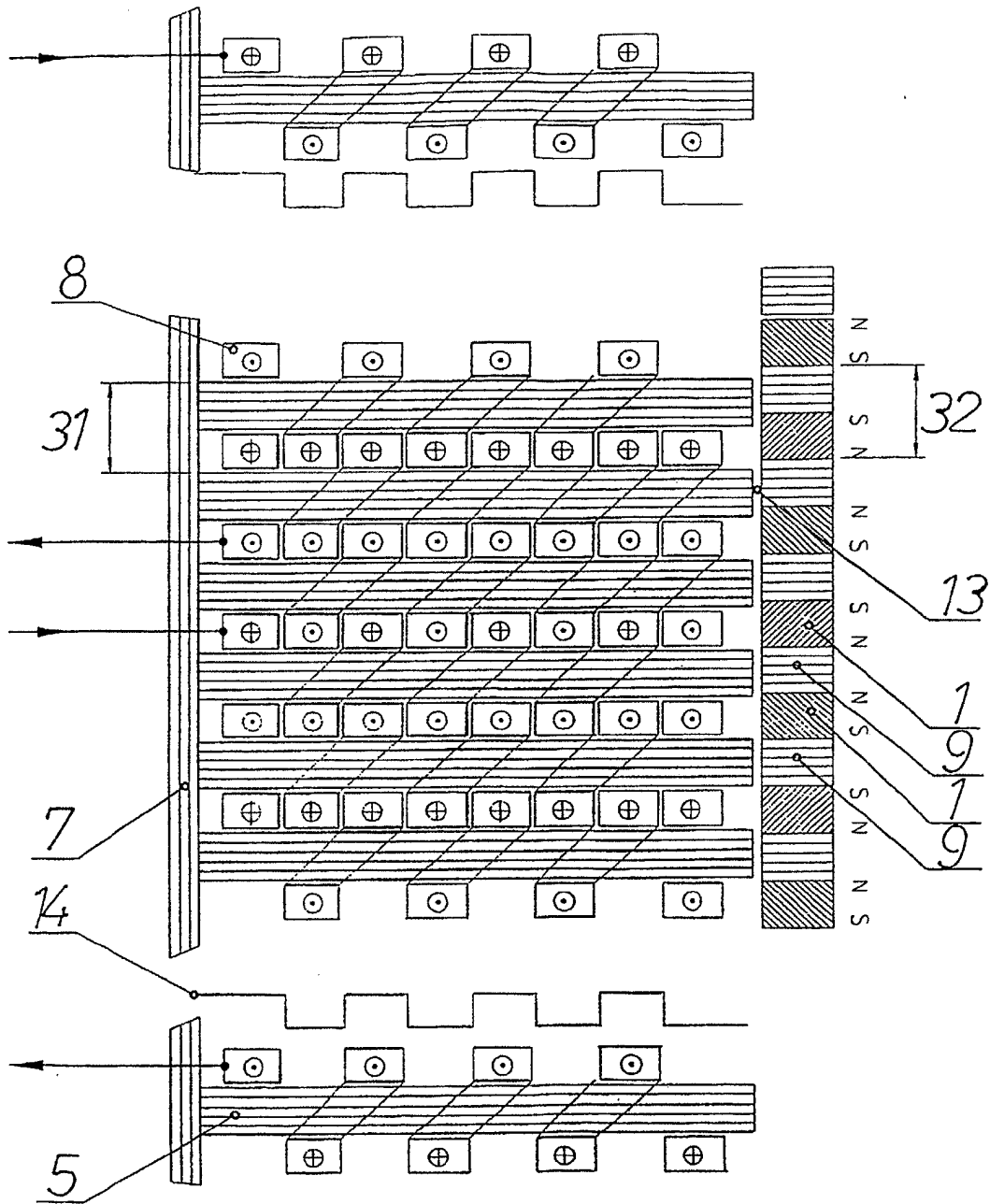


Fig. 11

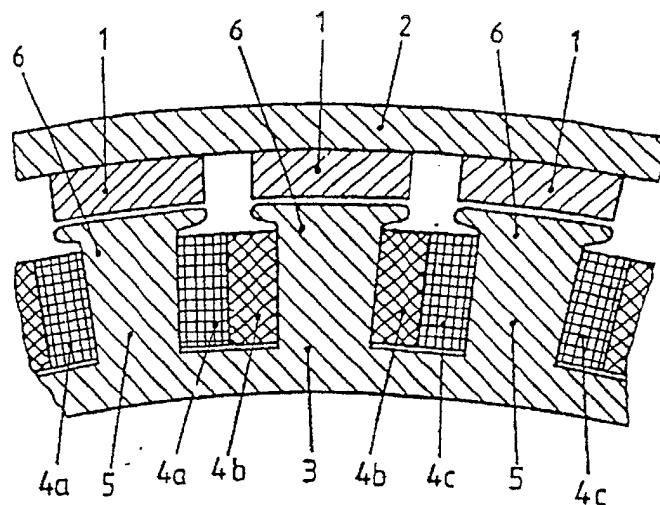


Fig. 12

Stand der Technik

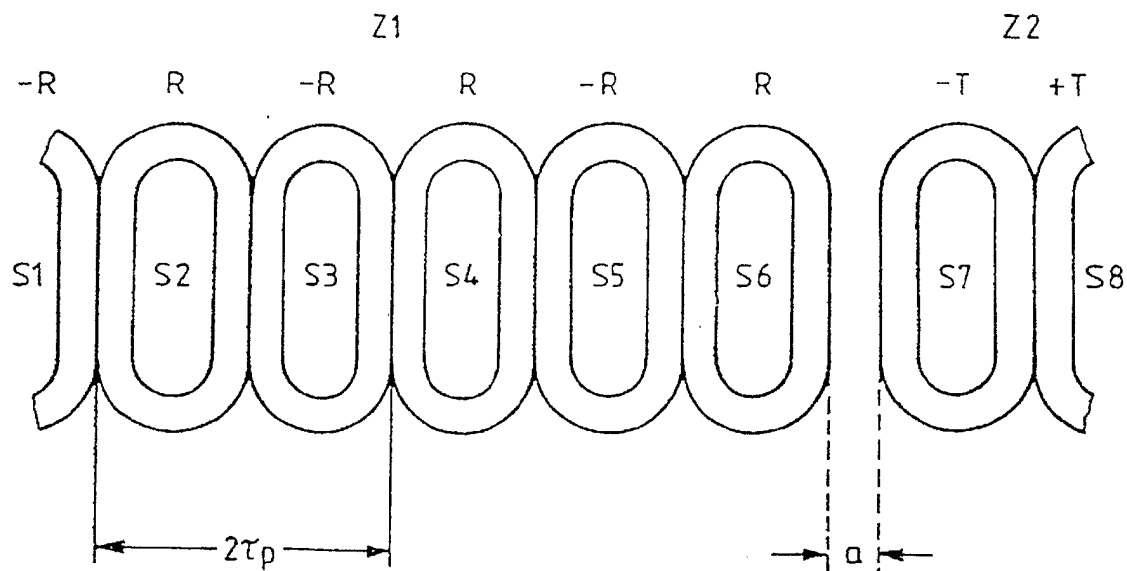


Fig. 13

Stand der Technik